

UM MODELO DA ESTRUTURA COGNITIVA- OPTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DA MEMÓRIA SEMÂNTICA

DUARTE COSTA PEREIRA(*)

LEONOR LENCASTRE (**)

CÉSAR ALVES (***)

UNIVERSIDADE DO PORTO

Trata-se de um estudo sobre a otimização de um aspecto da memória - a memória semântica, de acordo com um modelo de estrutura cognitiva, já apresentado (Pereira, et al. 1987). Para se proceder a essa validação construiu-se um programa, em linguagem Fortran, que permite variar um parâmetro desse modelo, de cada vez, mantendo todos os outros com valores constantes. Este programa (Masvar) estabelece uma comparação entre duas matrizes de "forças" de ligação entre conceitos. Uma dessas matrizes - a que simula a memória semântica, obtém-se através de um programa de simulação da leitura (Master). A outra matriz, que se obtém através de um outro programa (Slave) traduz supostamente a estrutura real da memória semântica. Através de sucessivas execuções do programa de comparação destas matrizes, e entrando em cada nova execução com o valor do parâmetro que produz uma menor "distância" entre as duas matrizes, chega-se a uma estabilidade dos valores dos parâmetros. Obtém-se assim os valores otimizados de cada parâmetro, que caracterizam um determinado sujeito.

INTRODUÇÃO

O modelo da estrutura cognitiva que se defende inspira-se fundamentalmente na teoria de Kintsch e simula as alterações que ocorrem na estrutura cognitiva de um sujeito aquando da leitura de um texto. Este modelo pressupõe a existência de três tipos de memória. Assim, a árvore proposicional, que num dado momento se encontra na memória operatória (com capacidade limitada) e forma um ciclo de processamento, é copiada para um tipo de memória mais permanente - a memória episódica - (onde as proposições se representam por pontos e a sua "distância psicológica" por linhas, formando uma estrutura de rede). Esta memória é ilimitada, mas é afectada após cada ciclo de processamento por um factor de decaimento. Mas, para além de ser copiada para a memória a longo prazo episódica, a árvore da memória operatória, que se obtém ao fim de cada ciclo é também impressa num outro tipo de memória permanente - a memória a longo prazo semântica. Esta memória representa os conceitos e suas relações por uma estrutura de rede semântica (os nós identificam-se com os conceitos e as linhas com as suas relações), que no entanto não é afectada pelo factor de decaimento.

O modelo encontra-se implementado em programas de computador, em linguagem Fortran, para correr no Cyber 170/720. Um desses programas - o Master (Pereira et al, 1987)- permite fazer a simulação da leitura. O outro - o Slave (Pereira et al, 1987) - faz a extracção da estrutura e estilo cognitivos de um sujeito, necessários para fazer correr o primeiro programa. Para além disso o programa Master necessita que lhe sejam fornecidos supostos valores para os seguintes parâmetros: capacidade de compactação (número máximo de microproposições que podem ser compactadas. Pode eventualmente ser igual a 1 e então o processamento faz-se de forma microproposicional e não de forma macroproposicional); capacidade do ciclo de processamento (número máximo de macroproposições que podem ser processadas num ciclo de processamento); capacidade do "buffer" (número máximo de macroproposições que estabelecem a ligação entre ciclos de processamento); factor de decaimento (que toma valores entre [0,1]; 0-sem decaimento e 1-decaimento máximo); estilo cognitivo (ou estratégia de leitura. O leitor pode ser analítico ou sintético. No primeiro caso processa todas as microproposições, formando novas macroproposições com as que ultrapassam a capacidade de compactação. No segundo caso o leitor perde as microproposições subordinadas que ultrapassam a capacidade de compactação); objectivo de leitura, que é opcional (as macroproposições que traduzem esse objectivo, caso exista).

(*) Professor Associado da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

(**) Assistente da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto.

(***) Investigador do Centro de Informática da Universidade do Porto.

A correspondência para este artigo deve ser enviada para: Leonor Lencastre, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto, Rua das Taipas, 76, 4000 PORTO.

OBJECTIVOS

É especificamente sobre a estrutura da memória a longo prazo semântica que esta experiência se desenvolve, com o intuito de validar, ainda que de uma forma sequencial, todos os parâmetros do modelo.

METODOLOGIA

SUJEITOS

O cariz intrasujeito de todo o procedimento que adiante se expõe justifica o facto da análise incidir sobre um só sujeito -uma estudante do 2º ano da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação- que participou na experiência como voluntário. (Este estudo poderia ter sido alargado a um maior número de sujeitos, mas não com o objectivo de se realizar uma análise diferencial, dado que com ele não se pretendia determinar a estrutura da memória a longo prazo semântica do ser humano, mas conceber uma simples hipótese, coerente, de funcionamento da memória humana).

MATERIAL

Foi utilizado um texto sobre a "Amnésia" de cerca de 15 linhas.

Extraíram-se os conceitos fundamentais desse texto e construiu-se com eles uma lista ordenada alfabeticamente.

Utilizaram-se três programas de computador, escritos em Fortran, para correr no Cyber 170/720. O "Slave" extrai a estrutura, que supostamente seria a estrutura cognitiva real da memória semântica de um sujeito (matriz de frequência das

"forças" de ligação entre os conceitos fundamentais do texto) uma vez fornecidas as listas de proposições e de conceitos que compõem um ensaio escrito pelo sujeito, enquanto que o "Master" simula o processo de leitura, apresentando a estrutura cognitiva da memória semântica que o sujeito possuiria depois de ler um texto, através das matrizes de frequência das "forças" de ligação entre os conceitos fundamentais do texto -esta é a estrutura cognitiva simulada desse sujeito. Finalmente o terceiro programa -"Masvar" estabelece a comparação entre duas matrizes de "forças" de ligação entre conceitos, calculando a distância entre elas.

Este programa "Masvar" permite variar um dos cinco parâmetros obrigatórios do programa "Master" (com o passo de variação e limites que se desejar) mantendo constantes todos os outros. Calcula para cada uma das matrizes, resultantes das combinações possíveis dos valores dos parâmetros (uma vez que um deles toma diferentes valores), a distância a uma outra matriz que lhe é fornecida. Na realidade as entradas do programa "Masvar" são as mesmas que se fornecem ao programa "Master" (de simulação da leitura), mas para além delas deve introduzir-se um ficheiro que contém uma matriz, das "forças" de ligação entre os conceitos relativos a um dado texto, que funciona como critério (ver Figura 1). Para além disso este programa apresenta os valores dos parâmetros que nessa execução produzem uma distância mínima entre matrizes e entra com esses valores numa nova execução.

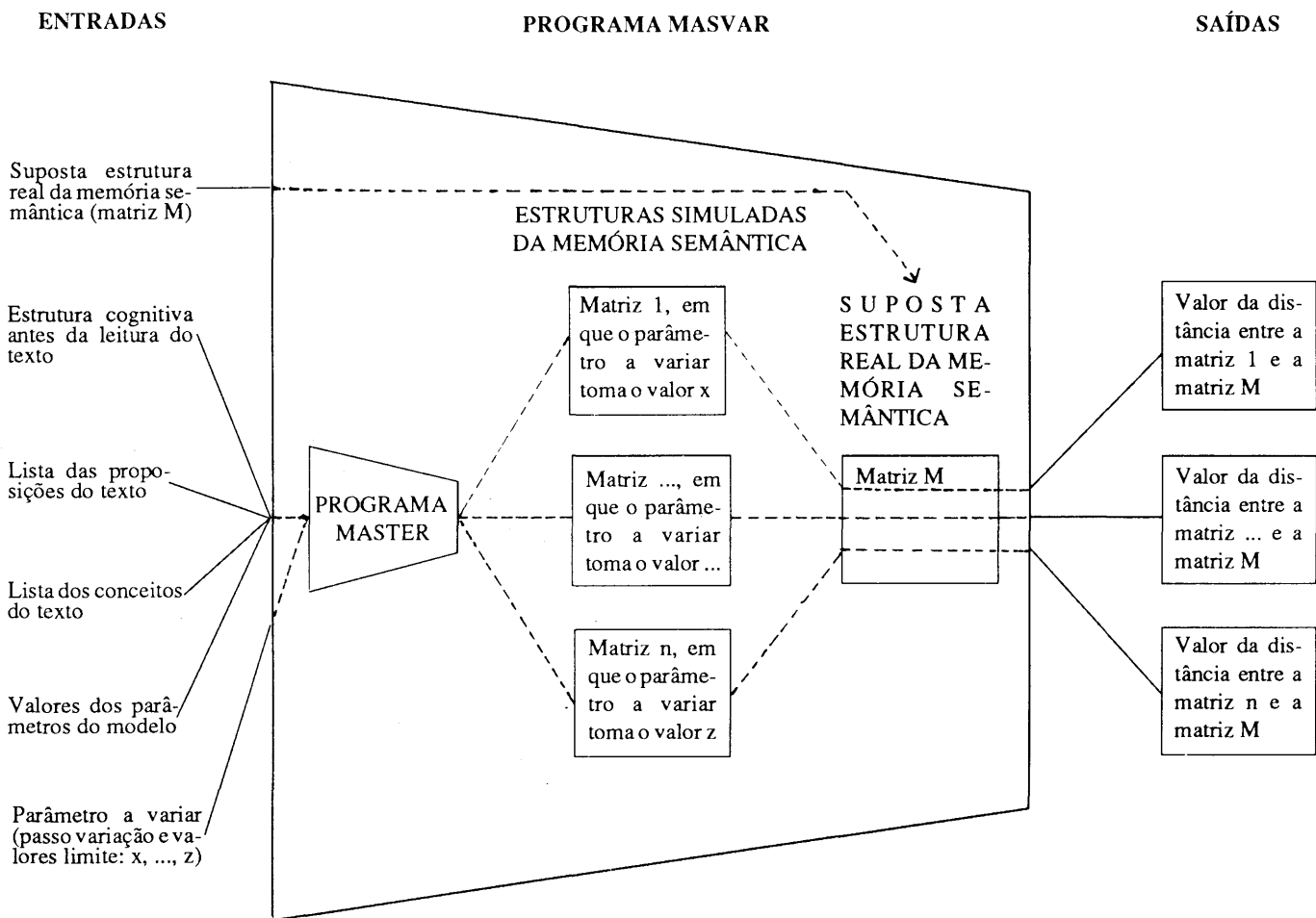


Figura 1 - Representação esquemática da execução do programa Masvar, suas entradas e saídas, segundo o Modelo da Estrutura Cognitiva de Pereira et al. (1987).

PLANEAMENTO E PROCEDIMENTO

No início, o sujeito foi informado de que “estava a participar numa experiência para testar um modelo sobre a estrutura da memória e que a sua tarefa consistia em escrever, numa folha que lhe seria distribuída, um ensaio de 20 a 25 linhas, sobre o tema “Amnésia”. Na elaboração desse ensaio deveria fazer o possível por empregar as 32 palavras que constavam de uma lista que lhe seria entregue então, podendo alterar-lhes o número, o género e o tempo”. (Essas 32 palavras eram os conceitos fundamentais do texto).

Depois de efectuado o ensaio, entregou-se ao sujeito um texto sobre o tema “Amnésia” e pediu-se-lhe para “efectuar a leitura do texto”. Uma vez terminada essa leitura, disse-se ao sujeito para “empregar as palavras que faziam parte da lista entregue anteriormente, na redacção de um novo ensaio de cerca de 20 a 25 linhas, sobre o mesmo tema”.

Os dois ensaios do sujeito, obtidos antes e depois da leitura do texto, converteram-se em bases de textos, de acordo com um conjunto de regras para a construção de proposições, desenvolvido pelos autores.

A estrutura da memória a longo prazo semântica foi analisada por um processo de optimização do isomorfismo entre a estrutura simulada da memória a longo prazo semântica, e a que se supunha ser a estrutura real dessa mesma memória, para os conceitos fundamentais do texto.

Este processo de optimização foi implementado no programa “Masvar”. Como o “Masvar” só faz variar de cada vez um parâmetro do programa de simulação, a optimização da distância entre essas duas estruturas, obtinha-se pela realização de sucessivas execuções (runs) do programa “Masvar”. De cada vez, entrava-se com os valores dos parâmetros que tornavam, mais pequena, a distância entre as duas estruturas, até se encontrar uma estabilidade dos valores dos parâmetros. Obtinham-se desta forma os valores dos parâmetros optimizados, que caracterizavam esse sujeito.

A que se supunha ser a estrutura real da memória a longo prazo semântica, e que constituiu o termo de comparação constante no programa “Masvar”, foi obtida através do programa “Slave” (ver Fig. 1). Para se encontrar a matriz das “forças” de ligação entre os conceitos fundamentais do texto, que representava essa estrutura, forneceram-se ao programa “Slave” as listas das proposições e dos conceitos relativos ao ensaio, escrito pelo sujeito, depois da leitura do texto.

As estruturas simuladas da memória a longo prazo semântica, que são comparadas pelo programa “Masvar” com a suposta estrutura real dessa memória, foram obtidas fornecendo ao programa “Masvar” as entradas necessárias para fazer correr o programa de simulação - “Master”, e que são: a suposta estrutura cognitiva real do sujeito antes da leitura do texto, obtida através do programa “Slave”, entrando com as listas dos conceitos e das proposições relativas ao ensaio do sujeito, antes de ler o texto, bem como uma lista com os conceitos fundamentais do texto; as listas das proposições e conceitos relativos ao texto que o sujeito leu; e os parâmetros exigidos pelo programa de simulação para caracterizar o sujeito (capacidade de compactação, capacidade de cada ciclo de processamento, capacidade do “buffer”, estilo cognitivo do sujeito e respectivo grau, factor de decaimento e objectivo da leitura). Para além disso em cada execução do programa “Masvar” identificou-se ainda o parâmetro, do programa de

simulação, que ia variar durante essa execução (especificando-se o passo de variação e os valores limite) (ver Fig.1).

Uma vez que o programa “Masvar” só permite variar um parâmetro de cada vez, pensou-se que inicialmente os parâmetros discretos: capacidade do ciclo de processamento, capacidade do “buffer” e capacidade de compactação, deviam apresentar valores medianos. Assim, na primeira execução desse programa, partiu-se de uma capacidade do ciclo de processamento igual a sete, com base na ideia de Miller (1956) de que a capacidade da memória operatória se situaria em torno de 7 ± 2 unidades (chunks); de uma capacidade do “buffer” igual a 3, por ser aproximadamente metade do tamanho de um ciclo de processamento; de uma capacidade de compactação igual a cinco, sublinhando a ideia de Anderson (1983) de que uma unidade cognitiva engloba cinco elementos. Para o parâmetro capacidade de compactação supôs-se que a estratégia de leitura utilizada pelo sujeito era a seguinte: eliminar as proposições subordinadas, uma vez atingido o limite de proposições que se podem ligar a uma subordinativa -leitor sintético (ver noção de estilo cognitivo, Pereira et al, 1987).

No que respeita aos parâmetros contínuos, partiu-se de um grau de estilo cognitivo de 0,10 (este parâmetro varia entre [0;1]) e de um factor de decaimento de 0,10 (este parâmetro varia entre [0;1]).

No primeiro conjunto de 5 execuções (uma para cada parâmetro) do programa “Masvar”, optou-se por variar primeiro os valores dos parâmetros contínuos, e só depois os dos parâmetros discretos, segundo a ordem:

- 1ª - grau de estilo cognitivo
- 2ª - factor de decaimento
- 3ª - capacidade de compactação
- 4ª - capacidade do ciclo de processamento
- 5ª - capacidade do “buffer”

Nestas 5 execuções partiu-se do princípio que o estilo cognitivo do sujeito era concentrador (ver noção de estilo cognitivo, Pereira et al, 1987). Relativamente aos limites de variação que cada parâmetro apresentava, pensou-se que se deveriam efectuar tantos conjuntos de 5 execuções deste tipo, quantas as combinações possíveis de variação crescente ou decrescente dos valores medianos fornecidos aos três parâmetros discretos. Realizaram-se então 8 conjuntos de 5 execuções deste tipo.

Efectuaram-se também 8 conjuntos de 5 execuções exactamente iguais às anteriores, mas para o caso de um sujeito com estilo cognitivo disperso.

Por se acreditar que a ordem pela qual se fazia variar os parâmetros era um aspecto muitíssimo importante na obtenção do isomorfismo máximo entre as duas estruturas cognitivas da memória semântica, a real e a simulada, efectuaram-se outros dois conjuntos de execuções semelhantes aos atrás descritos: um para o estilo concentrador e outro para o dispersivo, mas fazendo variar os parâmetros do modelo por uma outra ordem. Assim primeiro variaram-se os valores dos parâmetros discretos e só depois os contínuos, pela ordem seguinte:

- 1ª - capacidade do ciclo de processamento
- 2ª - capacidade do “buffer”
- 3ª - capacidade de compactação
- 4ª - grau do estilo cognitivo

5ª - factor de decaimento

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A distância mínima - 0.59319 E+0.1 - entre as duas matrizes de "forças" de ligação dos conceitos da memória semântica - a real e a simulada, supondo que o estilo cognitivo do sujeito era *concentrador*, e fazendo variar primeiro os parâmetros contínuos, foi apresentada quando os parâmetros possuíam os seguintes valores:

grau de estilo cognitivo - concentrador 0,90
factor de decaimento - 0,80
capacidade de compactação - 1
capacidade do ciclo de processamento - 1
capacidade do "buffer" - 3

Para a mesma ordem de variação dos parâmetros, mas supondo que o estilo cognitivo do sujeito era *dispersivo*, a distância mostrou-se mínima - 0.11158E+0.2 - quando os parâmetros apresentavam os seguintes valores:

grau de estilo cognitivo - dispersivo 0,10
factor de decaimento - 0,60
capacidade de compactação - 1
capacidade do ciclo de processamento - 1
capacidade do "buffer" - 3

Quando se fez variar primeiro os parâmetros discretos, e supondo que o estilo cognitivo do sujeito era *concentrador*, obteve-se a distância mínima - 0.59140E+0.1 - para os valores dos parâmetros:

capacidade do ciclo de processamento - 1
capacidade do "buffer" - 3
capacidade de compactação - 1
grau de estilo cognitivo - concentrador 0,90
factor de decaimento - 0,10

Para esta mesma ordem de variação dos parâmetros e supondo que o estilo cognitivo do sujeito era *dispersivo*, a distância apresentou-se mínima - 0.11333E+0.2 - quando os parâmetros apresentavam os valores:

capacidade do ciclo de processamento - 7
capacidade do "buffer" - 3
capacidade de compactação - 1
grau de estilo cognitivo - dispersivo 0,10
factor de decaimento - 0,10

Comparando estas 4 distâncias, pode dizer-se que a distância mais pequena é a que aparece no terceiro caso - 0.59140E+0.1 -. Na perspectiva do modelo pode então dizer-se que este sujeito possui um estilo cognitivo concentrador de grau elevado (grau de estilo cognitivo - concentrador 0.90), ou seja, ao fazer a leitura do texto reforça ao máximo as ideias que já possuía na memória a longo prazo semântica, e menospreza a informação nova. Efectua o processamento da informação do texto de forma microproposicional, não agrupando mais de que

uma microproposição numa só macroproposição (capacidade de compactação -1), como é pressuposto pela parâmetro de compactação. Esta característica poderá ser atribuída ao facto do assunto do texto ser novo para o sujeito, pois o parâmetro de compactação está directamente relacionado com a familiaridade com o assunto lido. Processa de cada vez 4 microproposições (capacidade da memória operatória) reservando 3 delas para fazerem a ligação entre os vários ciclos de processamento (capacidade do ciclo de processamento -1 e capacidade do "buffer" -3). E, o conteúdo da memória episódica, "forças" que ligam as proposições, é afectado após cada ciclo de processamento por um factor de decaimento de 0,10 (sendo 1 o decaimento máximo).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Neste estudo o processo utilizado na optimização dos parâmetros do Modelo da Estrutura Cognitiva foi a comparação da estrutura da memória a longo prazo semântica, obtida por um programa de simulação da leitura (programa Master) com a suposta estrutura real da memória a longo prazo semântica, obtida através de um outro programa (programa Slave).

No desenvolvimento desta ideia surgiram algumas questões de base. Uma delas prende-se com o facto de o modelo possuir vários parâmetros: capacidades do ciclo de processamento, capacidade do "buffer", capacidade de compactação, estilo cognitivo e factor de decaimento. Será que para se produzir um isomorfismo, máximo entre a estrutura cognitiva simulada (obtida através do programa de simulação) e o critério (suposta estrutura cognitiva real) é necessário proceder a uma optimização global e simultânea de todos os parâmetros do modelo, ou será possível separar parâmetros, atribuindo-se neste caso a variação de determinadas características do modelo predominantemente a alguns deles? A optimização simultânea de todos os parâmetros do modelo seria ideal, mas impraticável dada a memória e rapidez que seriam exigidas ao computador. Optou-se então por estruturar um procedimento global de validação do modelo, em que entrem todos os parâmetros, mas de cada vez só se faz variar um deles mantendo os outros com valores constantes.

Um outro aspecto problemático é a definição escolhida do critério-estrutura cognitiva real do sujeito. Nesta experiência optou-se por um critério interno, uma vez que a suposta estrutura cognitiva real se obtém pela execução de um programa (Slave), que é baseado no programa de simulação da leitura (Master), tendo em conta um ensaio escrito pelo sujeito depois de ler o texto. O critério assim obtido identificou-se com a matriz das "forças" das ligações entre conceitos.

Finalmente surge ainda a questão de qual a melhor maneira de comparar o produto da simulação com o critério, para se chegar a um isomorfismo máximo entre as duas estruturas cognitivas. Essa comparação foi feita estabelecendo-se a distância entre as respectivas matrizes de "forças" de ligação entre conceitos, calculada pela aplicação da fórmula:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (A_{ij} - B_{ij})^2 / N^2}$$

Em que:

A e B - são duas matrizes de dimensão N * N

N - número de conceitos

Examinando os resultados obtidos pode dizer-se que aparentemente existe uma indiferença relativamente à ordem de variação, isto para todos os parâmetros, à excepção do factor de decaimento. Este é um aspecto altamente abonatório da consistência interna do modelo. É no entanto aconselhável a realização de mais execuções do programa "Masvar", para outras ordens de variação dos parâmetros do modelo, com o intuito de reforçar ou rebater a aparente fiabilidade do modelo.

Talvez também fosse útil partir de valores medianos para os parâmetros contínuos: um grau de estilo cognitivo igual a 0,5 e um factor de decaimento igual a 0,5 (como aliás se fez para os parâmetros discretos). Para uma determinada ordem de variação e para um dado estilo cognitivo em vez de 8 conjuntos de 5 execuções do programa Masvar, seriam efectuados 32 conjuntos de 5 execuções desse mesmo programa.

Poderia também modificar-se a fórmula de comparação das duas matrizes de "forças" de ligação entre conceitos - a real e a simulada. Em vez de se empregarem os quadrados das diferenças das "forças" das duas matrizes como aparece na fórmula já apresentada, utilizar-se-ia o módulo dessas diferenças.

$$D = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{|A_{ij} - B_{ij}|}{N}$$

Em que:

A e B - são duas matrizes de dimensão N*N

N - é o número de conceitos

Poderia ainda fazer-se dotar o actual modelo de estrutura cognitiva, de dois parâmetros internos, um dos quais funcionaria como factor de conversão entre as "forças" de memória a longo prazo e as "forças" de memória operatória, ao qual no presente modelo por simplicidade se atribui o valor 1. Tal parâmetro poderia ser interpretado psicologicamente como o grau de "atenção" na leitura. Um segundo parâmetro de interpretação mais complexa estaria ligado à transição de estilos cognitivos e teria como interpretação psicológica a intenção dispersiva ou concentradora do sujeito (para além do estilo cognitivo, supostamente inato e invariável). Como resultado da implementação destas características o isomorfismo máximo entre as duas estruturas cognitivas de memória semântica (a real e a simulada), poderia corresponder a uma distância entre as respectivas matrizes igual a zero.

Finalmente para além dos aspectos de validação interna, a validação deveria ser complementada com critérios externos de validação - experiências envolvendo medidas independentes de factores como o estilo cognitivo dos sujeitos, o decaimento relativo da sua memória, etc.

Admitindo a separação dos parâmetros do modelo (condicionando alguns deles a memória operatória e outros a memória semântica) esta experiência poderia ainda ser realizada em complemento com um estudo sobre a estrutura da memória operatória, deste modelo. Neste estudo obter-se-iam os valores optimizados dos parâmetros do modelo directamente relacionados com a estrutura da memória operatória como é o caso da capacidade do ciclo de processamento e da

capacidade do "buffer". Uma vez fixados esses valores realizar-se-iam várias execuções do programa "Masvar", variando apenas os restantes três parâmetros.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J.R. (1983) *The Architecture of cognition*, London: Harvard University Press
- Miller, G.A. (1956) The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Pereira, D.C., Alves, C., Lencastre L. (1987) Um modelo da estrutura cognitiva. *Jornal de Psicologia*, 6 (5), 3-8.

ABSTRACT

A MODEL OF COGNITIVE STRUCTURE - OPTIMIZATION OF SEMANTIC MEMORY PARAMETERS

This study is about the optimization of an aspect of memory -semantic memory- according to a Cognitive Structure Model, already presented (Pereira et al., 1987). In order to achieve this experimental study for the validation of a Cognitive Structure Model a computer program in Fortran IV was written, that allows for the variation of each of the model parameters in turn, maintaining the others as constants. This program (Masvar) compares two matrix of "associative strenghts" among concepts. One matrix -that simulates semantic memory- is given by a reading simulation program (Master). The other one, is obtained through another program (Slave) that extracts the supposed real structure of semantic memory.

Through successive executions of this program and entering each time the value of the parameter producing a smaller "distance" between the matrix of "associative strenghts" among the concepts -semantic memory- obtained through the simulation program and the matrix that is supposed to translate the cognitive structure of the actual semantic memory of the subject (obtained from the analysis of an essay through Slave computer program), stability is reached in the values of the parameters. These values are then taken as the optimized values of each parameter characterizing the subject.

RÉSUMÉ

UN MODÈLE DE LA STRUCTURE COGNITIVE - OPTIMISATION DES PARAMÈTRES DE LA MEMOIRE SÉMANTIQUE

D'après un modèle de la structure cognitive déjà présenté (Pereira et al., 1987), les auteurs essayent d'optimiser la mémoire sémantique en utilisant un programme en langage Fortran qui permet de faire varier un paramètre tout en tenant fixes les autres valeurs. Ce programme (Masvar) établit une comparaison vis-à-vis les deux maîtrises de "forces" de liaisons entre les concepts. Une de ces maîtrises - celle qui simule la mémoire sémantique - s'obtient à travers un programme de simulation de la lecture (Master). L'autre, obtenue avec un autre programme (Slave), est supposée de traduire la structure réelle de la mémoire sémantique.

Des sucessives exécutions du programme de comparaison de ces maîtrises (dans chaque nouvelle exécution on utilise la valeur du paramètre qui produit la "distance" mineure entre les deux maîtrises), produisent une stabilité des valeurs des paramètres. On obtient ainsi les valeurs optimisées de chaque paramètre qui caractérisent un individu déterminé.